

Title	Spiber株式会社の新世代バイオ素材の事業化：農林水産業における産官学連携に関する一考察
Author(s)	関本，奈菜子；妹尾，堅一郎；伊澤，久美；上野，洋和；丸島，和也；大沼，妙子
Citation	年次学術大会講演要旨集，32：414-417
Issue Date	2017-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/14925
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

Spiber 株式会社の新世代バイオ素材の事業化 ～農林水産業における産官学連携に関する一考察③～

○関本奈菜子，妹尾堅一郎，伊澤久美，上野洋和，丸島和也，大沼妙子（産学連携推進機構）

慶應義塾大学先端生命科学研究so発のベンチャー企業 Spiber 株式会社は、世界初の合成クモ糸繊維の開発で知られる。同社は、膨大なアミノ酸配列や遺伝子配列情報等の全情報をデータベース化して分子デザインに活用する手法により、タンパク質素材のバイオ生成を推進している。バイオ素材は、各種産業に応用でき、また環境融和性が高いものとして期待され、産・官・学が積極的な人的・資金的支援を行っている。2016 年度現在、本格的な商用生産・販売には至っていないものの、資本金は約 150 億円にのぼる。本論では、この事例紹介とその考察を通じて産官学連携による技術の事業開発に関する一モデルを提示する。

キーワード：Spiber、合成クモ糸繊維、バイオテクノロジー、農林水産業、ベンチャー、産官学連携、ビジネスモデル、知財マネジメント

1. はじめに：Spiber 株式会社の概要^[1]

Spiber 株式会社（以下、Spiber）は、山形県鶴岡市に本社を置く、世界初の合成クモ糸繊維「QMONOS®」の開発で知られる企業である。2007 年、慶應義塾大学先端生命科学研究soにて開発が進められていた「合成クモ糸繊維の分子デザインとその量産技術」および「生物ゲノムを用いた情報保存技術」の研究成果を起点として、関山和秀氏等 3 名によって起業された、いわゆる大学発ベンチャーである。

強靱かつ柔軟な「クモの糸」をバイオテクノロジーによって人工合成し、製品化・量産化することを目的に研究開発を進め、2013 年 5 月、世界初の合成クモ糸繊維「QMONOS®」の量産化成功を発表した。既存の化学繊維のほとんどが原料を石油に依存しており、生産・廃棄時に大量の CO2 を排出する等、環境負荷が大きいことが問題として指摘されている中、原料を石油に依存しない次世代バイオ新素材「QMONOS®」は多くの注目を集め、産・官・学による積極的な支援が行われてきた。初期は山形県や鶴岡市、経済産業省等から助成金・補助金を受けて研究開発を進められた。繊維素材としての量産化の目途が立った 2013 年からは、自動車部品会社の小島プレス工業株式会社（愛知県豊田市）と本格的な共同開発・生産に乗り出した。2014 年 9 月に Spiber と小島プレス工業は、繊維素材の生産と供給を手がける合弁子会社「Xpiber（エクスパイバー）」を設立した^[2]。

2015 年 10 月には、スポーツウェア・スポーツ用品を製造販売する株式会社ゴールドウイン（東京都渋谷区）とアパレル向け製品のプロトタイプ「MOON PARKA®」を共同開発したと発表。それと同時に、第三者割当増資により 総額 95 億 8,416 万円（ゴールドウインからの出資 30 億円を含み、その他引受先は非公開）という多額の資金調達を行った。2017 年 9 月末時点、本格的な商用生産・販売には至っていないものの、同社の資本金・資本準備金は 150 億円以上にのぼる^{[1] [3]}。

図表 1 Spiber 株式会社の概要（2017 年 7 月 19 日現在）^[1]

会社名	Spiber 株式会社
設立年月日	2007 年 9 月 26 日
社員数	173 名（取締役 8 名含む）
資本金等	151 億 4,348 万円（資本準備金等を含む）
事業内容	新世代バイオ素材開発
所在地	山形県鶴岡市覚岸寺字水上 234 番地 1

図表 2 Spiber 株式会社のこれまでの増資状況^{[1] [3]}

2007 年 9 月	スパイバー株式会社を設立（資本金 10,000 千円）
2008 年 6 月	第 1 回増資（資本金 15,000 千円、資本準備金 5,000 千円）
2008 年 12 月	第 2 回増資（資本金 20,000 千円、資本準備金 10,000 千円）
2009 年 5 月	第 3 回増資（資本金 25,000 千円、資本準備金 15,000 千円）
2009 年 8 月	第 4 回増資（資本金 150,000 千円、資本準備金 140,000 千円）
2009 年 12 月	第 5 回増資（資本金 175,050 千円、資本準備金 165,050 千円）
2011 年 12 月	第 6 回増資（資本金 380,330 千円、資本準備金 370,330 千円）
2013 年 4 月	第 7 回増資（資本金 780,330 千円、資本準備金 770,330 千円）
2015 年 3 月	第 8 回増資（資本金 2,055,330 千円、資本準備金 2,045,330 千円）
2015 年 10 月	第 9 回増資（資本金 7,326,660 千円、資本準備金 7,316,660 千円）

2. 合成クモ糸の開発に至るまで^[6]

クモ糸の主成分はフィブロインと呼ばれるタンパク質である。タンパク質は 20 種類のアミノ酸が繋がった高分子であり、そのアミノ酸の並びを変えることにより、理論的には天文学的な数の分子構造がありえる。実際にクモのつくるタンパクだけでも、相当の数となる。地球上に生息しているクモは確認されているだけで約 4 万種、実際は 20 万種以上いるともいわれている。クモは特性の異なる糸を用途に応じて 7 種類ほど使い分けると言われることから、単純計算で地球上には約 140 万種類ものクモ糸が存在することになる。

素材としてのクモ糸を見た時、最も注目される特徴が、防弾チョッキに使用されているアラミド繊維に匹敵する強度と、ナイロンを上回る伸縮性を併せ持っている点である。これら既存の化学繊維にはない機能性（タフネス等）に加えて、重さも鋼鉄の約 1/6 で、炭素繊維と比べて約 40%軽量である。

クモ糸を実用化しようとする研究は世界中で行なわれてきたが、クモは絹生産に用いられるカイコとは異なり、肉食で縄張り意識の強い虫であるため、家畜化して繊維を生産させることはできなかった。そこで 1990 年代以降は、遺伝子工学技術を駆使して人工的なクモ糸の合成の研究開発が進められてきた。バイオテクノロジーの飛躍的な進歩により、いくつかのクモ糸の遺伝子が解読され、それらの遺伝子を他の生物（宿主）に組み込むことで、繊維原料となるタンパク質を大量に生産しようとする試みがなされた。しかし、こちらも生産効率やコストの問題から実用化には至らなかった。さらに、バイオテクノロジーでつくられたフィブロインを実用にする形で繊維化するための紡糸技術にも多くの技術的課題があることが指摘されていた。

3. Spiber のアプローチ^[5]

Spiber は、クモ糸の実用化のためにはバイオテクノロジーと紡糸技術に加えて、研究を進める上で特定される膨大なパラメータ（培養条件、精製条件、紡糸条件、最終的な繊維の物性等）とそれらの関係性に関する知見、さらに、アミノ酸配列情報と遺伝子配列情報を含めた全情報等をデータベース化し、分子デザインに素早くフィードバックすることが重要だと考えた。

これらの解析を行うデータベースシステム及びバイオインフォマティクス環境、最先端のバイオテクノロジーの研究環境、そして紡糸検討設備のほぼ全てを独自に開発し、性能と生産性を両立する分子デザインを目指して、全ての工程を社内で完結できる研究開発体制を整えた。この分野横断的な体制が Spiber の研究開発スピードの源泉となっていると考えられる。

人工合成技術を前進させるためには、どのようなアミノ酸配列の遺伝子でも、迅速かつ簡潔に DNA 合成が行なえることが重要である。だが、クモ糸のアミノ酸配列は繰り返し配列が極めて多く、既存手法では人工合成が困難とされていた。そこで、Spiber は、どのようなフィブロイン遺伝子でも数日間で合成を完了させられる独自の遺伝子合成技術に取り組み、それを確立した。また、多種の人工クモ糸遺伝

子を合成してライブラリー化を行っている。

データベースに蓄積されたデータをもとに性能や生産性をデザインされた候補分子は、その遺伝子を合成したのち、微生物を用いた独自のタンパク質発現システムで試験的に生産される。フィブロイン遺伝子を導入された微生物は、クモ糸成分であるフィブロインの生産能力を獲得する。その後、小スケールで発酵生産条件、精製条件の検討を行い、紡糸条件の検討に移る。そして、必要に応じて培養のスケールアップを行い、タンパク質原料の取得を行う。発酵工程で生産された繊維の原料であるフィブロインは、精製工程を経て独自の紡糸技術で繊維化される。創出された人工合成クモ糸繊維の特性は詳細に解析されてデータベースにフィードバックされ、次の分子デザインに活かされる。Spiber にとって、独自の遺伝子合成技術や日々蓄積されている膨大な情報データベースは、極めて重要な秘匿すべき知的財産であると考えられる。

また、タンパク質原料をつくれたとしても、それを工業材料として使える形に加工する技術がなければ意味がない。そのため Spiber は溶媒の検討や加工方法の開発にも注力しており、この加工技術については、周辺技術と併せて集中的に特許出願を行っている。加工技術の特許化に注力している理由は、素材加工ではまずタンパク質を溶媒に溶かすことが最初の入り口となるが、この溶媒には検出性があるため、生産された繊維を調べることで、他社の模倣が起きても検出が可能であると考えているためという^[6]。

4. 産官学連携による事業化

Spiber は創業以来、社が目指す取り組みとして“志あるパートナーとともに、ものづくりの新時代を切り拓きます”と掲げ、事業化には社外連携を大いに活用する姿勢を一貫して打ち出している^[1]。実際にこれまでの 10 年間、様々な産・官・学と連携して開発を進めてきた。Spiber は初期の研究開発から、近年の本格的な製品開発に至るまで、それぞれの段階に応じ違った手法で社外のパートナーを活用していると見ることができる。

①創業初期：創業時からの研究開発、人工合成クモ糸の品質設計を進めていた段階においては、経産省、文科省、NEDO 等の「官」から、総額約 50 億円にのぼる補助・助成金を受けている。

Spiber が創業から間もなくしてこれほどの支援を獲得するに至ったのは、彼らが取り組んでいるバイオ生成によるタンパク質素材が、石油に頼らないバイオマス資源への転換という社会の環境的要求を満たしている点、さらには単なる従来材料の代替ではなく、既存の材料と比べても高い機能性（タフネス等）を発揮しうる点などが、今後の我が国の産業発展における競争力となる可能性を持つという高い外部評価を受けたからに他ならない。つまり、産業全体のイノベーションへの期待感を醸成することにより、基礎的な研究開発資金を獲得したと見ることができる。

②立ち上げ期：2013 年以降、工業材料としての製品開発が見込める段階に進んだ時期に、Spiber は各産業分野の製造メーカとの事業提携を進め始めた。まずは機械産業分野での実用化の先鞭として、自動車の衝撃吸収材等への適用に向け、小島プレス工業と共同事業を開始し、ジョイントベンチャーを設立した^{[2][6]}。

他方、アパレル分野での衣料材料としては、その実用化に向けて、スポーツウェア大手であるゴールドウインと独占的な事業提携を行った。ゴールドウインは素材開発を加速させ、早期の実用化を支援するためとして、Spiber へ 30 億円の出資も行っている^[3]。

ゴールドウイン以外にも、多額の第三者割当増資（引受先は非公開）が行われ、資本金等が 150 億円にのぼっている状況を鑑みれば、いち早く製品化に向けた動きが顕在している上記の 2 分野だけではなく、より様々な産業分野で既に、新たな潮流となる可能性を持つ素材の実用化へ先行投資を行う企業などが動き出していると考えられる。

これらの取り組みを踏まえると、Spiber は研究開発ベンチャーとしてタンパク質素材の繊維化までを担うが、加工品をつくって大量生産を行う段階に至っては、それぞれの産業分野で、既存の製造メーカと事業提携を行う手法を取ることにしていると考えられる。つまり、これは個々の産業におけるイノベーションへの期待感を醸成し、それに基づき、実用化開発に向けた研究開発資金を獲得したと見ることができる。

③事業化期：資本金がこれだけ莫大になっても実際の売上がないと、資本提供者に対する責任が生じる時期が近づくので、今後は実際の生産・販売に向けた時期に入るものと考えられる。

5. むすび

Spiber のタンパク質素材事業は、大学発のユニークな新技術を起点としたベンチャー企業である。この企業はある意味、特殊な注目のされ方をしている。これほど多くの資金を集め、創業以来 10 年経つのに、未だに売上がたっていない点は、極めて特異である。それにも関わらず、多くのパートナーからの支援や出資を受けるに至っているのはなぜだろうか？ それは、世界初の合成クモ糸繊維「QMONOS®」の量産化を成功させた技術があるということだけでは説明しきれないだろう。

第一には、素材のイノベーションを志向している点が、多くの共感と賛同を呼んでいる点があると考えられる。Spiber は自社の Reason for Being(存在理由)として“タンパク質素材の実用化を目指すのは、この課題に取り組むことこそ、今私たちが最も世の中の役に立てる道だと確信しているから”と述べ、彼らはあくまで科学技術を強力なツールとして用いて“人類のために”提供できる価値を最大化していくとしている^[1]。技術そのものではなく、技術がこれからの社会にもたらせるかもしれない大きな価値を、明示的に描くことができたからこそ、多くのパートナーが、Spiber が取り組むバイオ事業の可能性に期待を持ち、集まってきたと言えるだろう。技術そのものではなく、技術がもたらす社会価値を前面に出すことを躊躇なく行うことが、大学発という「公共性」的イメージと相まって、多くの資金を呼びうると思えるのである。

第二には、素材のイノベーションに関して、より具体的な分野既定をしていることでイメージが喚起しやすい点が挙げられるだろう。Spiber が目指しているのは、クモ糸素材が特定のアプリケーションにおいて従来素材の代替として採用される、ということではなく、全産業を通じて、全く新しいカテゴリの「構造たんぱく質」という材料分野自体を開拓していくことである。あくまでその先鞭として、クモ糸素材「QMONOS®」が幾つかの産業分野で実用化に至る直前まで来ていることを示唆したのである。

第三には、素材系開発に関して、化学系技術と先端的な IT 系技術と知見が駆使されているという、技術横断的な展開への期待感である。このハイブリッドな研究技術は、その必要性は叫ばれるものの、実際にベンチャーとして取り組んでいるところはまだ多くない。その点への期待感も大きくあるように見える。

とはいえ、これらの「期待感」に実際に応えていくためにはもちろん、本格的な事業展開が求められている。今後の具体的な事業における生産と販売がどうなっていくのか、そのビジネスモデルとそれを支える知財マネジメントはどのようなものになるのか、楽しみを含め注目していきたい。

【注】本調査研究は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）2017 年度「産官学連携モデル及びビジネスモデルとそれを支える知財マネジメントに関する事例調査研究等業務」の事業委託に基づくものである。

【参考文献】

- 1) Spiber 株式会社 Web サイト About us および ENDEAVOR <<https://www.spiber.jp>>
- 2) 2014. 9. 29 日本経済新聞 電子版「スパイバー、小島プレスと新会社 クモ糸繊維を量産へ」<https://www.nikkei.com/article/DGXLASFB2901S_Z20C14A9L01000/>
- 3) 2015. 9. 8 株式会社ゴールドウイン プレスリリース「Spiber 株式会社との事業提携契約の締結並びに出資に関するお知らせ」<http://www.goldwin.co.jp/corporate/cgi/wordpress/wp-content/uploads/2015/09/150908_info.pdf>
- 4) 2015. 10. 8 株式会社ゴールドウイン プレスリリース「新世代タンパク質素材の実用化へ向けた第一歩：THE NORTH FACE で開発したプロトタイプ「MOON PARKA」を発表」<<https://www.goldwin.co.jp/corporate/info/page-14108>>
- 5) 特定非営利活動法人 産学連携推進機構 「平成 24～26 年度 農林水産政策科学研究委託事業「農産物の機能性等に関わる農林水産技術を活かした事業・産業を形成するために必要とされるビジネスモデル、ならびにその産業形成を促進・支援する政策の在り方に関する調査研究」最終報告書【資料編】(2015. 3. 20)」<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/kanmin_taiwa/>
- 6) 2016. 1. 17 WIRED NEWS「合成クモ糸のバイオヴェンチャー・Spiber がみせる「素材革命」」<<https://wired.jp/2016/01/17/spiber/>><<https://wired.jp/2016/01/17/spiber/>>

(オンラインのものについては最終アクセス日 2017 年 9 月 25 日)